

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra výrobních strojů a konstruování

Návrh řešení systému údržby

The design of a Solution for the Maintenance System

Student:

Bc. David Solař

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. František Helebrant, Csc.

Ostrava 2017

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. David Solař**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství
Specializace: 72 Technická diagnostika, opravy a udržování
Téma: **Návrh řešení systému údržby**
The Design of a Solution for the Maintenance System
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

Zpracujte návrh řešení systému údržby výrobního provozu vycházející z požadované výrobní výkonnosti klíčových výrobních strojů. V rámci zadání zpracujte:

1. Rešerši a analýzu dané problematiky.
2. Obecný ideový a technický návrh řešení systému údržby.
3. Daný návrh aplikujte na daný výrobní provoz.
4. Zhodnoťte přínos nového řešení ve srovnání se stávajícím.

Další bližší specifikace bude provedena v průběhu zpracovávání diplomové práce.
Rozsah práce min. 45 stran textu.

Seznam doporučené odborné literatury:

- HELEBRANT, F. *Technická diagnostika a spolehlivost – IV. Provoz a údržba strojů*. VŠB – TU Ostrava 2008, 1. vydání, 130s., ISBN 978-80-248-1690-6
- LEGÁT, V. a kol. *Management a inženýrství údržby*. Professional Publishing 2013, První vydání, 570 s., ISBN 978-80-7431-119-2
- NĚMEČEK, P. a kol. *Vedoucí podniku (podnik v kostce)*. Verlag Dashofer nakladatelství s.r.o., Praha 1996, sv.1 a 2, ISBN 80 – 901859 – 5 – 9
- Kol. *Sborníky z mezinárodních odborných konferencí „Národní fórum údržby „ a „Údržba“*
- ČSN EN 13306:2002 *Údržba – Terminologie údržby*
- ČSN EN 13629:2015 *Údržba – Směrnice pro vypracování smluv o údržbě*
- ČSN EN 15628:2016 *Údržba – Kvalifikace pracovníků údržby*
- ČSN EN 13460:2009 *Údržba – Dokumentace údržby*

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. František Helebrant, CSc.**

Datum zadání: 09.12.2016

Datum odevzdání: 15.05.2017



doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě10.5.2017.....

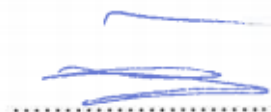
.....
.....
.....

Podpis

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školního představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB–TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- bylo sjednáno, že s VŠB–TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB–TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB–TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do její skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 10.5.2017



Podpis

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

SOLAŘ, D. *Návrh řešení systému údržby : diplomová práce*. Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2017, 66s. Vedoucí práce: Helebrant, F.

V Diplomové práci se zabývám problematikou kompletního řešení systémů údržby. Diplomová práce se dělí na tři části. První část je teoretická, která se zabývá obecným pohledem na řízení údržby a teoretickým rozbořením různých metod, nástrojů a zvýšení efektivity údržby. Druhá část se zabývá zhodnocením aktuálního stavu ve firmě, jak už efektivity tak i různých metod pro řízení údržby. Třetí část se zabývá zhodnocením teoretického přínosu daných návrhů ve srovnání se stávající situací ve firmě. Následuje zhodnocení realizovaných metod a změn v řízení údržby, taktéž porovnání jednotlivých ukazatelů s přínosem pro firmu.

ANOTATION OF MASTER THESIS

SOLAŘ, D. *The design of a Solution for the Maintenance System : Master Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Production Machines and Design, 2017, 66p. Thesis head: Helebrant, F.

The Master Thesis deals with the issue of a comprehensive solution system of the maintenance. The Master Thesis is divided into three parts. The first part is theoretical, where we deal with kind of maintenance management, theoretical analysis, various methods, tools and improving effectiveness of the maintenance. The second part deal with the evaluation of current situation in the company, as effectiveness, also various methods of the maintenance management. The third part deal compared theoretical benefit of the suggestions with the current situation in the company. Followed by the evaluation of the implemented methods and changes in the maintenance management, also comparing individual indicators for the benefit of the company.

Obsah

SEZNAM POUŽITÉHO ZNAČENÍ	8
1 ÚVOD	10
2 Údržba a jednotlivé metody	11
2.1 Vývoj systémů údržby [3] [21]	11
2.2 Metody údržby	19
2.2.1 Metoda 5S [21]	19
2.2.2 Kaizen	21
2.2.3 Rychlé přestavby zařízení (SMED)	22
2.2.4 JIDOKA [10]	23
2.2.5 POKA YOKA	24
2.2.6 První vložím, první vyložím (FIFO)	24
2.2.7 Ukazatele pohotovosti zařízení (MTBF / MTTR)	25
2.2.8 SWOT analýza	26
2.2.9 Paretova analýza	27
2.2.10 Teorie rybí kosti a 5 PROČ (Ishikawa a 5 WHY)	29
2.2.11 Celková efektivita zařízení (CEZ/OEE) [22]	30
2.2.12 Teorie omezení (TOC)	31
2.3 Organizační vedení údržby [3]	32
3 Následuje utajená verze	34

SEZNAM POUŽITÉHO ZNAČENÍ

<u>Název zkratky</u>	<u>Definice</u>
5S	5 zásad pro štíhlou výrobu
apod	A podobně
CEZ / OEE	Celková efektivita zařízení (Overall Equipment effectiveness)
CIP	Neustálé zlepšování (Continuous Improvement Process)
CMMS	Systémy pro řízení údržby
ČSN	Česká státní norma
FIFO	První vložím, první vyložím (First in, First out)
IS	Informační systém
JIT	Právě v tento okamžik (Just in time)
KAIZEN	Změna k lepšímu (Kai – Zen)
MES	Výrobní informační systémy
MTBF	Střední doba do poruchy (Mean Time Between Failure)
MTM	Metoda měření a analýzy práce (Methods Time Measurement)
MTTR	Střední doba mezi poruchami (Mean Time To Repair)
ND	Náhradní díl
PLC	Programovatelný logický automat
PM	Plánovaná údržba (Plant Maintenance)
POKA YOKA	Izolace chyb
SAP	Systémové aplikace (Systems Applications)
SMED	Rychlé přestavby zařízení (Single Minute Exchange of Dies)
SWOT	Analýza silných a slabých stránek
TIM	Totálně integrovaná údržba (Total Integrate Maintenance)

<u>Název zkratky</u>	<u>Definice</u>
TOC	Teorie omezení (Theory of Constraints)
TPM	Totálně produktivní údržba (Total Productive Maintenance)
TQM	Řízení zaměřené na kvalitu (Total Quality Maintenance)

1 ÚVOD

Dnešní doba je zaměřena na štihlou výrobu a kompletní řešení všech podpůrných oddělení, které jakkoliv způsobem ovlivňují chod výroby. Díky tomu vznikly požadavky na údržbu, jak už z hlediska evidence, tak i z hlediska pro-aktivnosti a predikce. Totálně produktivní údržba není v České republice plně rozvinutá. Tento trend se dostal k nám v poměrně nedávné době. Samotné TPM většinou prosazují firmy mimo Českou republiku, jako požadavek na řízení firmy. Samozřejmě požadavky na TPM vznášejí už přímo zákazníci, kteří berou TPM jako jeden z nástrojů pro zvýšení efektivity a snížení defektů (kvalitativní problémy – reklamace). Konkurence na trhu je vysoká, proto se snaží firmy najít jakékoliv i malé zlepšení, které přidá konkurenční výhodu. Samozřejmě tato konkurence je pozitivní pro vývoj a zlepšování samotné údržby a ostatní oddělení. Tato konkurence historicky vedla k vytvoření TPM.

Štíhlost výroby a snížení neplánovaných odstávek, výpadků může údržba ovlivnit hlavně pro-aktivním řízením a zaměřeností na predikci. TPM zavádí aktivní pohled jak údržby, tak obsluhy do udržování stroje a aktivní reakci na daný problém. Totálně produktivní údržba není přenosný balíček, který by se dal použít na jakoukoliv situaci dle tabulek a obecných znalostí. Je třeba zavádět TPM s cílem pro danou výrobu a se stanovením priorit. V různých výrobních halách jsou různé priority a ovlivnění výroby, kde jedno zavedení přivede úsporu v rámci milionů a stejné zavedení v jiném závodě přivede ztrátu. Je nutné dodat, že samotné zavedení TPM musí prosazovat vrcholový management firmy. Pokud není podpora vrcholového managementu, který by motivoval zaměstnance, nikdy nebude TPM správně a funkčně zavedeno.

Diplomová práce se bude zabývat nezávislým zhodnocením aktuálního stavu údržby ve výrobě. Navržení pro optimalizaci a co nejvyšší bezporuchovosti stroje. Taktéž se zaměříme na organizační procesy. Následné zhodnocení a navržení jiného způsobu řešení. Samotné zaměření nebude jen na úsek údržby, ale i na ostatní úseky, které spolupracují, anebo nějakým způsobem ovlivňují chod údržby.

2 Údržba a jednotlivé metody

Kapitola se bude zabývat kompletním vývojem údržby v reakci na historii a jednotlivé změny ve světě. S tím samozřejmě souvisí vývoj jednotlivých metod a systémů pro zvýšení efektivity údržby a celkové řízení štihlé výroby.

2.1 Vývoj systémů údržby [3] [21]

Údržba existovala vždy a všude. Jakékoliv poškození nástroje či, zbraně, bylo potřeba opravit nebo vyměnit. Ačkoliv se v tomto období (před průmyslovou revolucí) nebavíme o údržbě jako o něčem řízeném, přesto se jedná o údržbu. Průmyslová revoluce sama o sobě měla dopad na všechny odvětví a spoustu nových vytvořila. Centralizované manufaktury napomohli nahrazení zkušených lidí strojem. Tyto manufaktury docílily i lepších výrobních výsledků a zvládal je obsluhovat i člověk nevzdělaný v daném oboru. Jednotlivé organizace a firmy si brzy uvědomily, že čím víc kusů stroj vyrobí, tím více získají. Z přeneseného úhlu pohledu můžeme říct, že průmyslová revoluce vytvořila místo pro řízenou údržbu. Každý stroj musí být pravidelně udržován, aby byl dodržen bezproblémový chod.

➤ Údržba po poruše

Jedná se o reaktivní údržbu. Prakticky stroj opravujeme jen tehdy, když se zastaví a nejde znovu zapnout. Tento druh údržby můžeme použít u těch nejjednodušších (konstrukčně) a zároveň nejméně důležitých strojů. Toto řízení údržby se vyznačuje obdobím 1940 – 1960. Ovšem i v dnešní době můžeme najít spoustu firem, které na nějakou část údržby užívají tento systém údržby.

Výhody:

- Nulové nároky na řízení údržby.
- Nulové nároky na evidenci poruch.
- Nižší nároky na údržbáře (První půl rok, až rok po zavedení do výroby).

Nevýhody:

- Bez evidence a historie poruch
- Neplánované výpadky stroje, nejsme schopni plánovat výrobu
- Kontrola daného zařízení je postavena na operátorovi
- Po půl roce až roce nastávají obrovské komplikace a časové nároky na údržbu

➤ Preventivní údržba

Preventivní údržba je další stupeň po údržbě po poruše. Tento systém je založen na plánování odstávek stroje pro opravárenskou a inspekční činnost. Tento systém na bázi směnové, týdenní, měsíční, roční kontroly, vede k lepšímu stavu zařízení a zvýšení efektivnosti zařízení. Preventivní údržba je tedy periodická a často bývá doplněná prediktivní údržbou. Díky preventivní údržbě klesnou náklady na údržbu (Obr. 1)

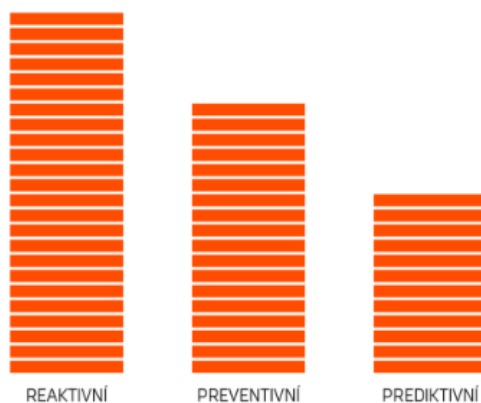
Výhody:

- Plánované odstávky zařízení nám dají prostor k opravě.
- Dochází k plánovanému řízení a ke snížení nepravidelným odstávkám stroje.
- Existuje už evidence a historie údržby.

Nevýhody:

- Nejsme schopni reflektovat aktuální stav zařízení.
- Poměrně vysoké náklady na údržbu i její plánování.
- Stanovený časový cyklus nemusí být vždy ideální, jedná se jen o odhad.

Roční náklady na údržbu



Obr. 1 Roční náklady na údržbu [1]

➤ **Produktivní údržba**

Produktivní údržba je zaměřena na daný stroj z pohledu jednotlivých dílů. Stroj rozdělujeme na jednotlivé části, či přímo součásti. Rozdíl vůči preventivní údržbě, je v zaměření na jednotlivé součásti (např. ložiska, stykače, vedení atd.), kde u každé součásti stanovíme životnost a periodu oprav. Jednotlivé životnosti můžeme získat od výrobce, nebo od zkušených údržbářů.

Výhody:

- Jednotlivé zaměření na díly nám opět sníží počet výpadků.
- Díky stanovení životnosti daných dílů, můžeme přesně řídit sklad údržby.
- Získáváme historii o opotřebení jednotlivých součástí stroje a času oprav.

Nevýhody:

- Stále nemáme reflektovaný aktuální stav ve výrobě.
- Stále není stanovena mezní životnost stroje a nástroje.

➤ **Proaktivní údržba**

Tento systém jako první reflektuje aktuální stav ve výrobě. Využívá k tomu metody technické diagnostiky jako: termodiagnostiku, vibrodiagnostiku, tribodiagnostiku apod. Díky těmto metodám jsme schopni odhalit budoucí poruchu a reagovat s dostatečným předstihem. Jednotlivé odstavení strojů a zařízení jsme schopni plánovat a proto není nutné mít nějaký pevný časový interval, ale stačí se přizpůsobovat situaci.

Výhody:

- Stroj se zastaví, jen pro plánovanou údržbu/opravu na daném díle.
- Jednoduchost plánování a výroby pro odstavení stroje.
- Kompletní přehled nad aktuálním stavem strojů.

Nevýhody:

- Nákladné na školení personálu.
- Nákladné na měřicí vybavení.
- Neznáme zbytkovou životnost stroje a součástí.

➤ **Prediktivní údržba**

Prediktivní údržba je logickou reakcí na proaktivní údržbu. Rozšiřuje ji o výpočty a stanovení zbytkové životnosti části zařízení. Tímto dochází k maximální efektivnosti při plánování odstávek strojů. Díky zbytkové životnosti jsme schopni využít součást až do jejího maxima.

Výhody:

- Stroj a jeho součásti jsou využity, až do mezního stavu opotřebení.
- Jednoduchost plánování.

Nevýhody:

- Vysoké náklady na měřicí techniku.
- Vysoké náklady na zaškolení údržby pro výpočty zbytkové životnosti.

➤ **Informační systém pro řízení údržby (CMMS)**

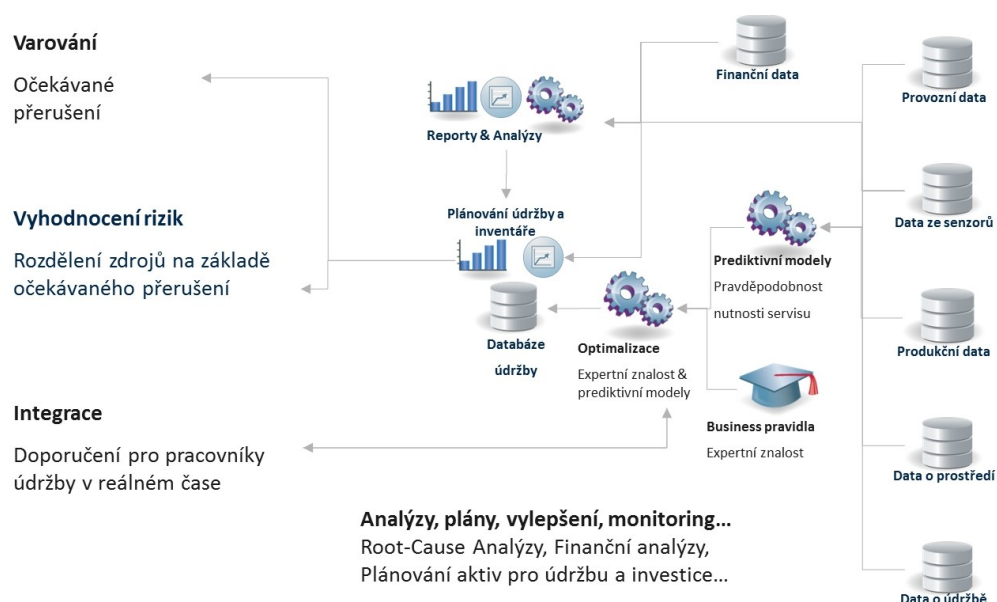
Kompletní řízení a spravování dat nejsme schopni zajistit bez kompletních systémů řízení údržby. Tyto IS nám při správném nastavení budou samy řídit preventivní, proaktivní i prediktivní údržby. Jedná se jak o sběr dat, tak i usnadnění pro údržbu v podobě vizualizace a přímé kontroly jednotlivých dílů (obr. 2).

Výhody:

- Kompletní databáze pro údržbu.
- Zjednodušení *obchůzek* pro údržbu.

Nevýhody:

- Obrovská pořizovací cena.
- Obtížné nastavení a úpravy pro danou firmu.
- Pomalé reagování na změny.



Obr. 2 Náskres informačního systému [2]

➤ Totálně produktivní údržba (TPM) [20]

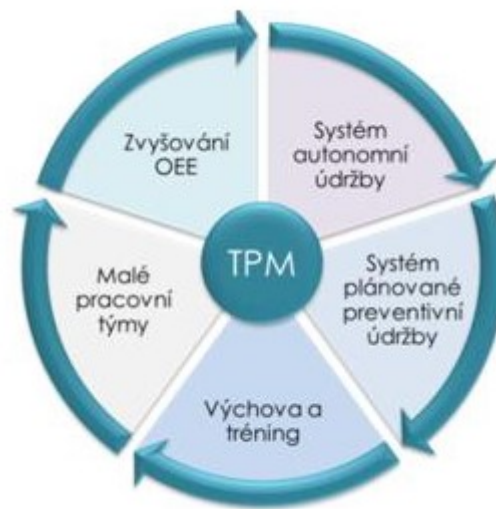
Totálně produktivní údržba byla objevena a zkoumána v Japonsku. Kde se snažili optimalizovat údržbu strojů, nástrojů, vybavení, proces, organizaci a zaměstnance.

Totálně produktivní údržba se zabývá kontinuálním zlepšením chodu údržby. Její zaměření spočívá dovést proces k dokonalosti. Oproti ostatním systémům údržby se snaží zahrnout do údržby i ostatní oddělení – operátory, seřizovače, mistry atd. Díky kontrole *víc očí, víc vidí* jsme schopni najít potencionální poruchy mnohem dříve. Prediktivní údržba nelze brát na všechny části stroje (z důvodu vysokých nákladů, ojedinělých poruch), proto vždy hraje a bude hrát roli i lidský faktor. TPM se snaží toho využít a snížit všechny možné ztráty na co nejnížší možnou hranici.

Definice dle literatury [3]:

- Maximalizace celkové účinnosti a výkonnosti zařízení snižováním tzv. šesti velkých ztrát (poruchy, chod na prázdno, zmetky, seřízení, snížení vytíženosti, ztráty najížděním).
- Zlepšení stávající koncepce údržby.
- Rozvíjení autonomní údržby výrobními pracovníky.
- Zvyšování dovednosti a znalosti prostřednictvím týmové práce a motivace.
- Kontinuální zlepšování zařízení (organizačně apod.) .

Totálně produktivní údržbu můžeme definovat i jako neustálý proces zlepšování. Díky tomu můžeme získat výsledky, ve které jsme nikdy ani nedoufali.



Obr. 3 Neustálý proces zlepšování TPM [4]

Výhody:

- Zapojení výroby a hlavně obsluhy do údržby.
- Efektivní neustálé snižování ztrát.
- Rozvoj vlastního citění pro operátory (dojde k fiktivnímu vlastnictví, operátor se chová ke stroji, jak kdyby byl jeho).
- Možnost rozvoje pro zaměstnance.

Nevýhody:

- Nákladné na školení personálu.
- Poměrně dlouhodobá záležitost (nelze jen nařídit - musí se počkat, než si na to lidé zvyknou sami a uchopí za své).
- Nákladnější na personál.

Zavedení TPM do podniku není jednoduchá záležitost. Některé části jsou vynechány a některé zavedeny špatným způsobem. Někdy se můžeme setkat, že zavedení TPM bylo spíše k neprospěchu podniku. Proto zde uvedu jednotlivé kroky k zavedení TPM Obr. 4.



Obr. 4 Jednotlivé kroky k zavedení TPM [5]

➤ **Totálně integrovaná údržba (TIM)**

Poměrně nová metoda rozšiřující TPM a jednotlivé systémy o kompletní propojení údržby s ostatními odděleními. Můžeme s nadsázkou říct, že se jedná o současný nejvyšší stupeň údržby. Prozatím nebyl koncepčně navrhnutý lepší systém údržby.

TIM je možné brát jako metodu TPM kompletně vedenou na tabletu/počítači. Kde je přístup do celé databáze podniku = kompletní přehled všech strojů a jeho součástí. Tento koncept klade velký důraz na vizualizaci. Kde pomocí layoutů se dostaneme od nákresu technického místa, až po výkres dané součástky (např. převodovky, ložiska atd.)

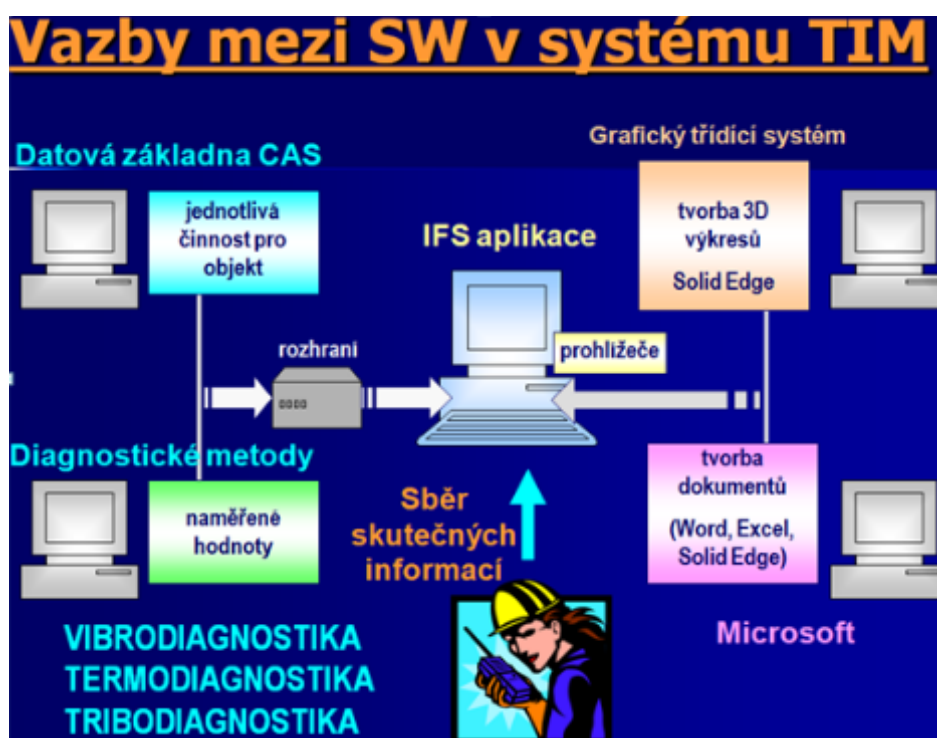
Totálně integrovaná údržba pojí všechny oddělení v závodu. TIM taktéž obsahuje z větší části prvky Asset Managmentu a Facility Managmentu.

Výhody:

- Kompletní evidence všech strojů a přehled majetku.
- Kompletní historie stroje a jeho součástí se zaměřením na slabiny.
- Kompletní příprava nástrojů a dílů pro opravy/údržby s předem připraveným plánem postupu.
- Kompletní řízení skladu, minimalizace náhradních dílů.
- Dlouhodobé snižování nadzásob ve skladu.
- Pravidelné rozbory času, nákladů, zásobování, kvalifikace a řízení údržby.

Nevýhody:

- Velmi komplikované zavedení do stávajícího podniku.
- Časově náročné a nutná kooperace všech oddělení.
- Vysoké náklady na zavedení.



Obr. 5 Vazby mezi SW a TIM [6]

2.2 Metody údržby

Jednotlivé metody údržby nám slouží k lepšímu porozumění procesu a zvýšení efektivity. Jedná se svým způsobem o standardizaci jednotlivých postupů řízení údržby. Tento teoretický soupis jednotlivých metod nám poslouží k pozdějšímu vyhodnocení aktuálního stavu a správnému návrhu pro realizaci do výrobního závodu. Ne všechny metody jsou přímo spjaté s údržbou, ovšem částečně se na ni odkazují nebo s ní spolupracují. Proto je zahrneme do teorie údržby.

2.2.1 Metoda 5S [21]

Metoda 5S je základ pro většinu podniků. Bez 5S nejsme schopni efektivně řídit výrobu a prakticky ani zavést TPM. Definice vychází z 5ti japonských slov. Z důvodu rozšiřování nároků na jednotlivé závody a metody rozšíříme metodu 5S na 6S, 7S. Rozšířením na 6S získáme pohled na bezpečnost (safety). Rozšíření můžeme provést i na 7S. Kde dojde k rozšíření o ekologii a životní prostředí.

Jednotlivý popis metod 5S + 2S:

- **Seiri** – Odstranění nepotřebného – zabývá se úklidem nepotřebných věcí na pracovišti. Převážně se jedná o věci nespojené s výrobou a překážející. Tento úklid, nebo tedy vyřazování nepotřebných věcí provádíme v celém závodě napříč odděleními. Cíl této metody je získat užitečný prostor. Taktéž zvýšíme efektivnost zásobování a výroby.
- **Seiton** – Uspořádání – zabývá se roztříděním důležitých věcí na pracovišti. Primárně se zaměřuje na nástroje, kalibry, bedny a vše potřebné pro dané pracoviště. Uspořádání nám slouží k přehledu na pracovišti a k automatizaci úkonů pro zaměstnance. Tímto nám odpadají ztráty z důvodu hledání na pracovišti.
- **Seiso** – Čistota a pořádek – zabývá se úklidem na pracovišti. Jen čisté a uklizené pracoviště může předejít chybám ve kvalitě výroby, potažmo i výrobků. Přidaná hodnota taky vzniká ve zlepšení prostředí pro zaměstnance. Zvýšením zodpovědnosti za čistotu na pracovišti vzniká fiktivní pocit

vlastnictví zaměstnancem. Tento fiktivní pocit nám staví základ pro autonomní údržbu. Zaměstnanec se začne chovat ke stroji jako k vlastnímu majetku.

- **Seiketsu** – Standardizace – jedná se o logické roztřídění pomůcek na pracovní ploše. Tento postup by se měl zavádět ve spolupráci s výrobou, ideálně s operátory. Jelikož je nutné zpětná vazba. Operátor by měl nejlépe vědět, jak mu vyhovuje rozmístění nástrojů. Spokojený operátor = výkonný operátor. Standard by měl být uveden s jasnými pravidly. Zde se můžeme setkat s analýzou MTM, která se používá pro normování práce (normování jednotlivých druhů pohybů, úchopů, úkonů). MTM je ideální pro měření a vyhodnocení úspěšnosti Seiketsu (nebo pro jeho úpravy). Vyhodnocení MTM je velmi spojené s uspořádáním výrobního toku (Chaku – Chaku).
- **Shitsuke** – Disciplína – poslední částí klasické 5S metody je disciplína a plnění zavedených standardů. Jedná se o problematickou část, neboť udržet stanovené pravidla je náročné jak pro vedení, tak pro operátory. Plnění Shitsuke jsme schopni 100% určit až po nějaké době. Běžně se udává 3-6 měsíců (ve výjimečných případech i více). Pokud splníme tento bod, můžeme brát metodiku 5S jako úspěšně zavedenou a dochází k optimalizaci jednotlivých částí.
- **Sei-anzen** – Bezpečnost – rozšíření 5S o další S. Zabývá se především bezpečností na pracovišti a v jeho okolí. Zde je kladen důraz na rizikové části stroje (vyhodnocení rizik). Samozřejmostí je kontrola pracovního oděvu a osobních ochranných pracovních pomůcek (OOPP – brýle, roušky atd.). Často nalezneme špatné zavedení Kanbanu a JIT, pak nastává riziko kolize se zásobováním výroby. U některých výrobních závodů není možné zavést Kanban a JIT (specifikace výroby nebo konstrukce haly).
- **Seikatsu kankyō** – Ekologie a životní prostředí – zaměření na ochranu životního prostředí, odpadové hospodářství atd. Jedná se o kontrolu správného třídění a ukládání odpadů, označení kontejnerů, označení shromažďovacích míst, kontrola čistoty podlahy. Následné vytipování rizikových míst, kde může dojít k úniku a znečištění prostředí.

Jednotlivé body 5S můžeme vidět i na Obr.4, tudíž funkční 5S(7S) je nezbytné pro správné zavedení a dodržování TPM.

Můžeme se setkat i s anglickým značením pro 5S metodiku (obr. 6).



Obr. 6 Globální názvosloví 5S [7]

2.2.2 Kaizen

Základní metoda neustálého zlepšení. Často bývá označována za metodu s nejnižšími pořizovacími náklady. Často nalezneme názor, že je zaměřena prioritně na obsluhu strojů. Kaizen je zaměřen na všechny zaměstnance, nikoliv jen na obsluhu strojů. Pomocí Kaizenu řešíme velké množství malých zlepšení. Název vychází se spojení 2 Japonských slov:

- Kai – změna.
- Zen – ke zlepšení.

Každé malé zlepšení by mělo být posouzeno týmem a zhodnocen přínos. Pro udržování přínosnosti Kaizenu, je nutná odměna za podání návrhu (v případě úspěšné realizace). Podstata Kaizenu je shodná s CIP (někdy je CIP označeno jako překlad Kaizenu).

2.2.3 Rychlé přestavby zařízení (SMED)

SMED metoda je zaměřena na zkracování času při přechodu z jednoho typu výrobku na druhý. Metoda rozlišuje 2 druhy časů vstupující do rozboru:

- Interní čas = probíhající výměna, stroj stojí.
- Externí čas = příprava na výměnu, stroj vyrábí.

Logika metody staví na snížení interního času vůči externímu. Do interního času by mělo spadat: samotná výměna a rozjezd stroje. Do externího času by mělo spadat: příprava na odstávku, přesun k danému stroji, nastavení, plán přestavby.

Příklady narůstání interního času (při odstaveném stroji):

- Hledání náradí.
- Nezavedena metoda jednoho pohybu.
- Upínání na více otáček.
- Nevyužití pracovních kapacit (přestavbu nemusí provádět jen jeden člověk).
- Nezavedena automatizace výměny typů výrobků.
- Nestandardizované úkony.

Cíl je tedy snížit co nejvíce interní čas. Dalším krokem je optimalizace externího času a zhodnocení, zda li nelze některé úkony přímo vypustit. U SMED metody se můžeme setkat i s pojmem Heijunka. Jedná se o plánování kapacit, kde je upřednostněna plynulá výroba před zákazníkem. Podstatou je nevyrábět 4dny v týdnu na maximum a 5tý den nemít co vyrábět.

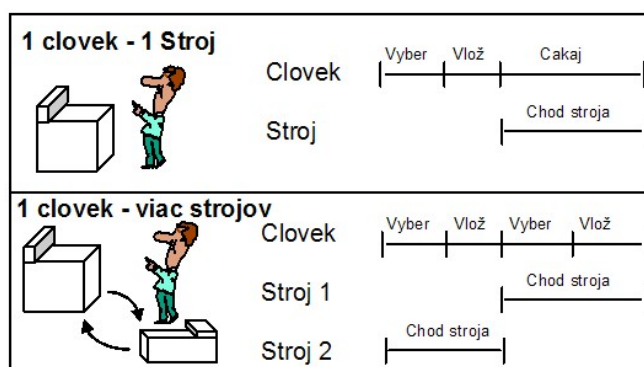


Obr. 7 Příklad kroků zavedení SMED analýzy [8]

2.2.4 JIDOKA [10]

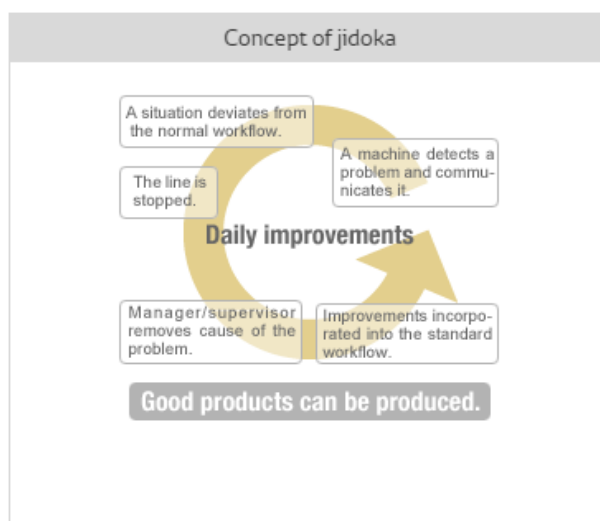
Základem metody je automatizace výrobního procesu. Prioritně automatizace stroje. Cílem je co nejvíce snížit přítomnost obsluhy a automatizovat daný stroj (obr. 9). Stroj je tedy řízený a sám vyhodnotí, že nastala chyba – tudíž dojde k přerušení výroby. JIDOKA samozřejmě jde i dál, že stroj vyhodnotí danou situaci a zobrazí nejpravděpodobnější příčinu poruchy. Tudíž je nutné krokování a mít naprogramovaný každý krok procesu a jeho vyhodnocení. JIDOKA je často spojovaná s Průmyslem 4.0., který se zakládá na této metodě.

Nejčastěji vidíme kombinaci senzorů a kontrolních bran, které vyhodnocují přítomnost kusu v daném zařízení. Samozřejmostí je řízení pomocí programovatelného logického automatu.



Obr. 8 Úspora pomocí JIDOKY [10]

Zavádění JIDOKY vede ke snížení nákladů na výrobní pracovníky. Díky snížení vytíženosti operátorů může daný člověk obsluhovat více strojů najednou (obr.8). Tato metoda se neobejde bez kvalitních elektroniků, kteří mají zkušenosti s programováním.

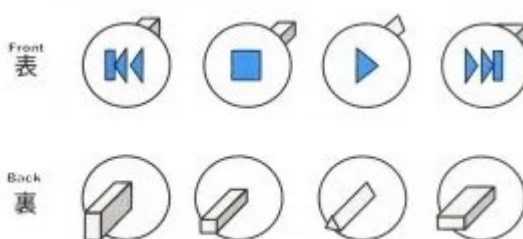


Obr. 9 Koncept JIDOKY [11]

2.2.5 POKA YOKA

Základ metody je zabránění pochybení. Nejčastěji se setkáváme s vizuálním a mechanickým rozlišením daného kusu. Mechanické rozlišení spočítá v tom, aby měl výrobek jen jeden možný způsob vložení (nemohl se dát z druhé strany, naopak atd.). Díky této metodě (chybu vzdorné) docílíme snížení poruchovosti stroje špatným založením daného materiálu. Špatné založení materiálů zhodnotíme 3mi způsoby: zjištění přítomnosti, zjištění polohy, zjištění tvaru. Pořizovací náklady na metodu nejsou výrazně finančně náročné vůči úsporám při špatném vložení.

Pro grafické znázornění přikládám obrázek (obr.10):



Obr. 10 Koncept POKA YOKA [12]

2.2.6 První vložím, první vyložím (FIFO)

Metoda first in, first out se používá nejčastěji ve zdravotnictví a v potravinářském průmyslu. V neposlední řadě se můžeme setkat i v účetnické sféře.

Pro potravinářství je jasným znakem co první přijde, to první se musí vydat. Často se setkáváme se zařazováním např. nových jogurtů s delší trvanlivostí do zadních částí regálů. Tímto řízením získáváme větší pravděpodobnost, že nebude docházet k překročení trvanlivosti. Stejný postup můžeme použít ve zdravotnictví, kdy z důvodu překročení trvanlivosti může docházet k rozkladu nebo reakci chemických látek.

V účetnické sféře se setkáváme hlavně v podobě vyřizování faktur. Kde je nejdůležitější ta, která má nejkratší čas do fakturace. V průmyslu se spíše setkáváme s náhradními díly ve skladu. Tyto díly mají taktéž určitou životnost. Například můžeme uvést gumové těsnění, degradace maziva v samomazném ložisku atd.

2.2.7 Ukazatele pohotovosti zařízení (MTBF / MTTR)

Jedná se o indikátory hodnotící výsledky údržby. Hodnocení bezporuchovosti a udržitelnost zařízení se udává v hodinách. Sledováním těchto indikátorů u jednotlivých zařízení jsme schopni stanovit nejdůležitější stroj (z pohledu zlepšení). Taktéž díky výsledným hodinám jsme schopni určit úsporu. Ze vzorce nám vyplývá, že MTBF je pro nás pozitivní ukazatel a MTTR negativní. Můžeme se setkat i s opačným úhlem pohledu. Kde si předem stanovíme nutnou pohotovost zařízení a následně optimalizujeme MTBF a MTTR, tak abychom dosáhli požadovaného výsledku. Tento jev v praxi nastává při vysokém nároku na výrobu u jednoho stroje.

$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

A	Pohotovost zařízení (% požadavek vyjadřující požadovanou provozuschopnost zařízení)
MTBF	Střední doba do poruchy
MTTR	Střední doba mezi poruchami

Mean Time To Repair (MTTR) – střední doba do poruchy nám udává průměrnou dobu jednotlivých poruch. Jedná se o průměrnou dobu odstavení zařízení (jednoho odstavení, nikoliv za měsíc/rok atd.).

Mean Time Between Failures (MTBF) – střední doba mezi poruchami. Udává nám průměrnou dobu mezi odstávkami zařízení. Z praktického úhlu pohledu se jedná o časový horizont, do kdy stroj nebude znovu zastaven.

2.2.8 SWOT analýza

SWOT analýza není přímou metodou řízení v údržbě. Ovšem z pohledu řízení firmy se jedná o základní metodu s nízkými náklady. SWOT analýza slouží k reflektování dané situace. SWOT analýza neřeší možnosti a postup zlepšení. Zabývá se pouze zhodnocením aktuálního stavu. Ne vždy musí být výsledek cílené zaměření na slabé stránky. Míra přínosu řešení slabých stránek může být menší než zlepšení silných stránek (pokročilejší řízení firmy se zaměřením na zisk). SWOT analýza je rozdělena na 2 části – vnější a vnitřní ovlivnění (obr.12).

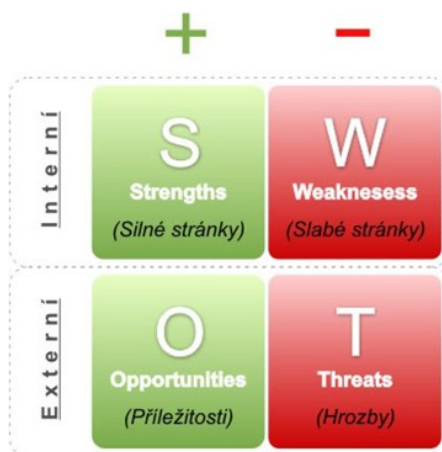
S – Strength – síla – zaměření na silné stránky. Otázky klademe směrem: v čem jsme lepší, jaké máme výhody, co ostatní vidí jako naši výhodu.

W – Weaknesses – slabost – zaměření na slabé stránky. Otázky klademe směrem: co bychom mohli zlepšit, čemu se vyhýbat, co ostatní vidí jako naši slabost, jaké jsou ztráty prodeje.

O – Opportunities – příležitost – zaměření na hledání příležitostí. Otázky klademe směrem: jaké dobré příležitosti vidíme, jaké jsou zajímavé trendy ve světě, jaké jsou změny ve světě (v politice, obchodu, technologii, životním stylu atd.).

T – Threats – hrozby – zaměření na hledání hrozeb. Otázky klademe směrem: jakým překážkám čelíte, co dělá konkurence, ohrožuje změna technologii naši pozici na trhu, máme dostatečně zajištěný dlouhodobý příjem.

Výsledek SWOT analýzy by měl reflektovat aktuální stav firmy, nebo firemního úseku. Je pak na zvážení vedení jestli chceme něco měnit nebo nám takový výsledek vyhovuje.



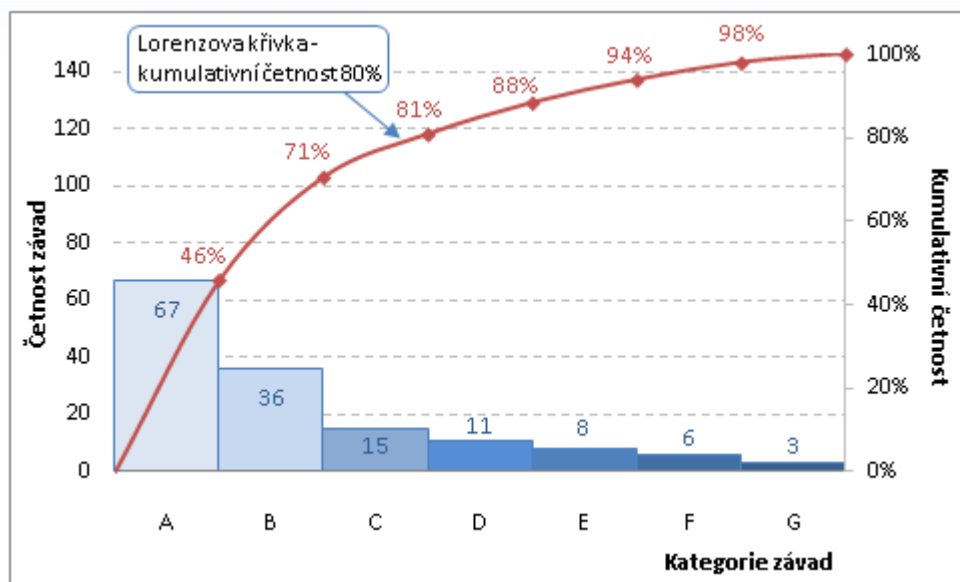
Obr. 11 SWOT analýza [13]

2.2.9 Paretova analýza

Paretova analýza se zabývá poměrem 80/20. Kde udává, že rozhodujících 20% nám dělá 80% zisku. Jedná se o zaměření na kategorii, která je pro nás prioritně důležitá (obr. 12). Hledání 20% příčin pro 80% zisku. Formulaci můžeme obecně použít na vše v životě[14]:

- 80 % příjmů získáte od 20 % zákazníků.
- 80 % skladové plochy vám zabere 20 % skladových položek.
- 80 % tržeb vám přinese 20 % zboží/služeb.
- 80 % tržeb vznikne prací 20 % zaměstnanců.
- 80 % výsledku své práce získáte za 20 % času.
- 80 % skladových zásob má 20 % podíl na celkové době obratu zásob.
- 20 % vztahů (se zákazníky, či osobních) vám způsobí 80 % všech problémů.
- 80 % dat přenese v datové síti 20 % uživatelů.
- 80 % požadavků na infolinku vygeneruje 20 % zákazníků.

Naše využití paretovy analýzy spočívá k aplikaci na stroje, projekty, díly. Aplikováním na jednotlivé stroje, kde rozhodující faktor bude počet strojů a míra využití daného stroje (počet odvolávek, počet možných projektů = četnost). Díky tomu získáme závislost, kde můžeme jasně označit 20% strojů, které jsou pro nás nejkritičtější (nejvíce vytížené). Těmto strojům můžeme přiřadit prioritu pro údržbu. Způsobu využití Paretovy analýzy pro průmysl je obrovské množství. Zaměření na kvalitu, cenu, zisk, rozdělení odměn atd. Paretovu analýzu lze využít i pro metodu SWOT pro nalezení slabých stránek.



Obr. 12 Paretův graf [15]

Podmínky pro vytvoření Paretovy analýzy:

1. Definovat místo k analyzování: rozhodnout kde analýzu použijeme (např. vytížení strojů).
2. Získání dat: mít dostatek relevantních dat k vyhodnocení.
3. Lorenzova křivka: sečtený kumulativ vyneseme do grafu (kumulativ četnosti vytížení strojů).
4. Zjištění daných příčin daných problémů: optimalizace a kontrola všech možností a vazeb mezi proměnnými.
5. Odstranění příčin: odstraníme dané příčiny problémů a sledujeme vývoj.

Paretovu analýzu můžeme řešit do nekonečna, pokud máme dostatečně velký soubor dat. Jakmile snížíme příčiny problémů u 3 zařízení (správně vyřešíme) tak s odstupem času a nových hodnot zjistíme problém na ostatních zařízeních. Tudíž se dá Paretova analýza využít pro proces neustálého zlepšování a optimalizaci.

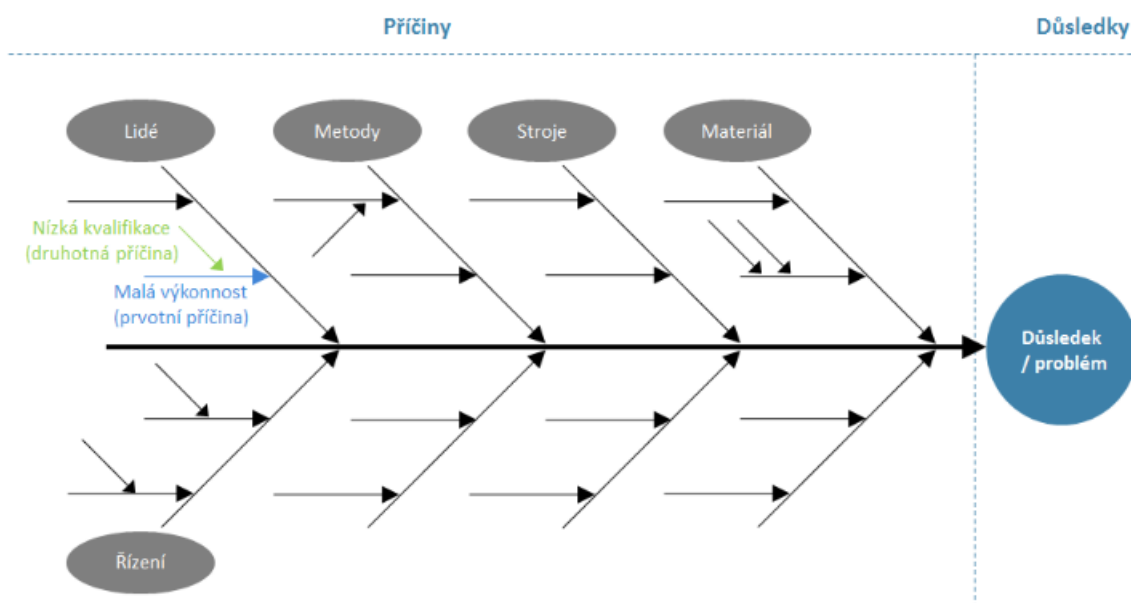
2.2.10 Teorie rybí kosti a 5 PROČ (Ishikawa a 5 WHY)

Obě metody se zabývají hledáním kořenových příčin problémů. Proto jsem je dal do jedné kapitoly, neboť část teorie spolu sdílí.

Ishikawa je v České republice známa jako metoda rybí kosti. Metoda se snaží nalézt kořenovou příčinu problému, ze všech úhlů pohledů. Jednotlivé části rybí kosti definují různé oddělení (úhly pohledu):

- Lidé.
- Stroje.
- Metody.
- Prostředí.
- Management.
- Materiál.

Zde máme vzor pro použití rybí kosti (obr. 13):



Obr. 13 Analýza rybí kosti [16]

5 Why je v České Republice definováno jako 5 proč. Jedná se o 5 otázek Proč za sebou. Cílem by mělo být zjištění původního problému. Nutné je školení, jenž správně vede směr otázek. Jedná se o jednoduchou metodu, ale bez správného pokládání otázek se člověk dostane do slepé uličky a nezíská kořenovou příčinu problému.

2.2.11 Celková efektivita zařízení (CEZ/OEE) [22]

Celková efektivita zařízení je zaměřena na ukazatele výkonnosti daného stroje. Zaměřuje se na 6 největších ztrát na zařízení:

- Poruchy zařízení.
- Seřizování a ustavování.
- Snížená rychlo cyklu stroje.
- Krátkodobé poruchy.
- Ztráty nekvalitou.
- Ztráty rozběhem.

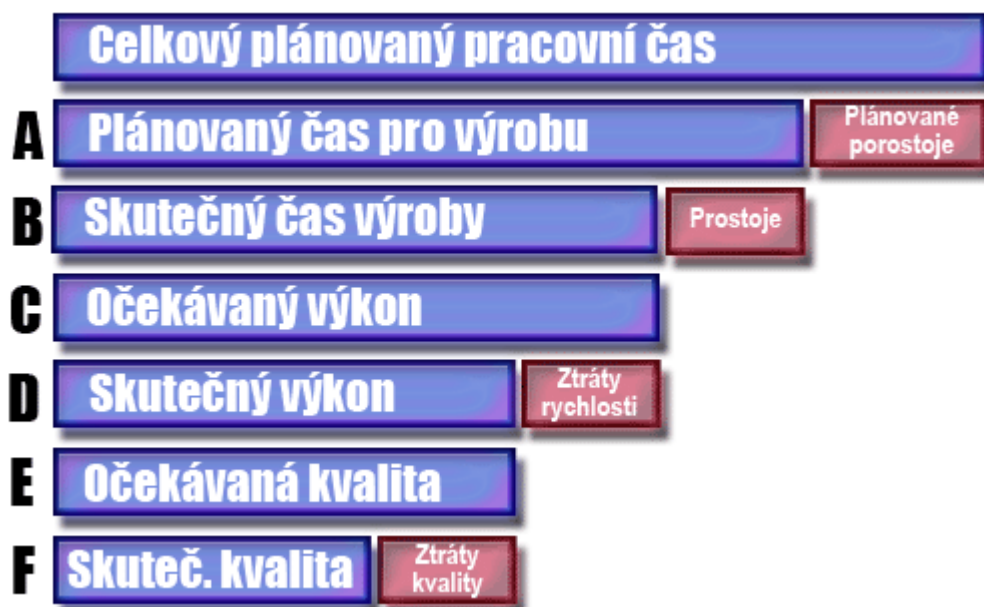
Často se můžeme setkat i s Paretovou analýzou na vyhodnocení největších ztrát. Tyto ztráty zařazujeme do 3 koeficientů (obr. 14) pro výpočet celkové efektivity zařízení.

$$CEZ = D \cdot V \cdot Q$$

D = dostupnost stroje (pohotovost)

V = výkon stroje (rychlost)

Q = úroveň kvality



Obr. 14 Části ukazatele CEZ [17]

2.2.12 Teorie omezení (TOC)

Stejně jako u Totálně produktivní údržby nebo u kaizenu, se u teorie omezení bavíme o neustálém zlepšování. Často se teorie omezení klade na stejnou úroveň jako štíhlá výroba (částečně se doplňují a překrývají), ovšem nejedná se o stejnou metodiku. Metodu teorie omezení vypracoval Eliyahu M. Goldratt. Využití můžeme najít v průmyslu, v mezilidských vztazích, přírodovědě atd.

5 Kroků k řízení teorie omezení:

1. Nelezení omezení (v podstatě všichni z firmy by měli hledat nedostatky, často se můžeme setkat, že tenhle bod zprvu řeší jen stížnosti výrobních dělníků).
2. Hledání řešení možnosti, jak tento problém vyřešit.
3. Podřízení všech ostatních operací pro výsledné řešení.
4. Upravit omezení tak, aby byl co největší výkon.
5. Vrátit se k prvnímu bodu (často se stává, že bod 3 nám ovlivní jiné části výroby a vznikne omezení v důsledku tohoto zavedení).

TOC je velmi univerzální metoda, pomocí které lze optimalizovat výkonnost a efektivnost prakticky v jakékoliv části organizace. **Teorie omezení** má využití ve výrobě, při řízení projektů, řízení provozu, logistice, marketingu, strategickém řízení a v celé řadě dalších oblastí. Soustředí se na nalezení, využití nebo odstranění nejslabšího místa. [18]

2.3 Organizační vedení údržby [3]

Organizaci vedení údržby můžeme rozdělit na 3 možné druhy:

- Centralizovaná.
- Decentralizovaná.
- Kombinovaná.

Centralizovaná údržba je definována jedním úsekem údržby. Kde všichni údržbáři by měli znát všechny stroje a řešit poruchy. Centralizovaná údržba se vyznačuje jedním vedoucím, který zaštiťuje celou údržbu.

Výhody:

- Jednoduché předávání informací.
- Kompletní přehled nad údržbou.
- Jednoduché řízení lidí.
- Velká zastupitelnost.

Nevýhody:

- Nízká specializace jednotlivých údržbářů.
- Zvýšení prostojů z důvodu příchodu na poruchu.

Decentralizovaná údržba se vyznačuje rozdělením údržbářů pro jednotlivé výrobní oddělení. Většinou daní údržbáři spadají přímo pod výrobního vedoucího dané linie.

Výhody:

- Vysoká specializace údržbářů na jednotlivé stroje.
- Snížení prostojů z důvodu příchodu na poruchu.

Nevýhody:

- Komplikované předávání informací.
- Nízká zastupitelnost.

Kombinovaná údržba se vyznačuje první jak centralizované, tak decentralizované údržby. Nejčastěji se setkáváme s tím, že vedení a hlavní údržbáři jsou centralizovaní a provozní údržba je decentralizovaná na jednotlivé výrobní stroje.

Výhody:

- Vysoká zastupitelnost.
- Snížení prostojů z důvodu příchodu na poruchu.

Nevýhody:

- Komplikované řízení údržby.
- Ztráta přímé komunikace nadřízený proti zaměstnanci.

Bohužel se nedá říci, které vedení údržby je nejideálnější. Často se můžeme setkat s pojmy jako je benchmarking, anebo outsourcing.

Benchmarking se zabývá porovnáním dvou firem. Nejčastější je rozdělení na interní a externí. Kde interní porovnáváme podobnou sesterskou firmu. Externí porovnáváme s konkurenční firmou. Důležité je stanovení si jednotlivých ukazatelů pro porovnání firem. Často vybírat firmu, která je na první pohled lepší v mnoha ohledech. Tímto výběrem získáme při porovnání nejhorších výsledku, ale také samozřejmě nejlepšího srovnání a ukázky, kde se má firma zlepšit.

Outsourcing je zajištění dané problematiky externí firmou. Outsourcing je v dnešní době běžnou věcí, neboť obrovským způsobem snižuje náklady na nepravidelné řešení situací (je nutné držet odborníky, kteří se dlouhodobě nezaplátí). Nejkrásnějším outsourcingem je automobilový průmysl, kde se většina komponentů do auta dováží z jiných výrobních firem. Konečné auto může být klidně vyrobeno jen z 20% od oficiální firmy.

3 Následuje utajená verze